مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۳، شماره ۴، سال ۱۳۹۶

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر لیموترش بر اساس ویژگی‌های میوه در منطقه جنوب ایران

Identification of Superior Lime Genotypes Based on Fruit Characteristics in Southern Region of Iran

سمانه راهب[۱]، محمود قاسم‌نژاد[۲]، بهروز گلعین[۳]، مرتضی گل‌محمدی[۴] و عاطفه صبوری[۵]

۱، ۲ و ۵- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳ و ۴- به‌ترتیب دانشیار و استادیار، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۰

چکیده

راهب، س.، قاسم‌نژاد، م.، گلعین، ب.، گل‌محمدی، م. و صبوری، ع. ۱۳۹۶. شناسایی ژنوتیپ‌های برتر لیموترش بر اساس ویژگی‌های میوه در منطقه جنوب ایران. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۳: ۵۰۹-۴۸۷.**

به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های برتر لیموترش در منطقه جنوب ایران، خصوصیات میوه ۳۵ ژنوتیپ طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه صفات ضخامت پوست، وزن، طول و قطر میوه، میزان مواد جامد محلول، تعداد بذر، حجم و چگالی میوه، درصد آب‌میوه، pH آب‌میوه، میزان ویتامین ث و اسیدیته قابل تیتر اندازه‌گیری شد. نتایج آمار توصیفی نشان داد که بالاترین ضریب تغییرات به حجم میوه، چگالی میوه، تعداد بذر و وزن میوه مربوط بود (به ترتیب ۸۳، ۷۷، ۷۵ و ۶۱ درصد)، که نشان می‌دهد بین ژنوتیپ‌ها تفاوت وجود دارد. همچنین تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به سه گروه تقسیم کرد. گروه اول با ضخامت پوست کمتر، درصد آب‌میوه بالاتر و میزان اسیدیته بیشتر در گروه برتر قرار گرفتند. در مجموع، نتایج نشان داد میوه برخی از ژنوتیپ‌های لیموترش مورد مطالعه خصوصیات کمی و کیفی بالایی داشتند و بسته به هدف (در صنایع تبدیلی یا غذایی)، بسیاری از آن‌ها را می‌توان جهت بهبود صفات مختلف در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: لیموترش، برنامه‌های اصلاحی، تجزیه خوشه‌ای، صنایع تبدیلی.

نویسنده مسئول: bgoleincitrus@yahoo.com تلفن: ۰۱۱۵۵۲۲۲۰۸۱

مقدمه

لایم‌ها گروهی از مرکبات را شامل می‌شوندکه موطن اصلی آن‌ها جزایر هند شرقی بوده و از آنجا به اروپا منتقل شده‌اند (Davies and Albrigo, 1994). برعکس منشا لمون‌ها به‌طور دقیق شناسایی نشده و این احتمال می‌رود که حاصل تلاقی بالنگ و لایم باشند (Barrect and Rhods, 1976). کشورهای عمده تولیدکننده لیموترش در جهان شامل هند، مکزیک، چین، آرژانتین، برزیل، آمریکا، ترکیه، اسپانیا و ایران هستند. طبق آمار فائو در سال ۲۰۱۶ سطح زیر کشت لمون‌ها و لایم‌ها در کشور ایران ۲۹۰۱۵ هکتار و میزان تولید آن‌ها ۴۵۷۲۷۰ تن بود (Anonymous, 2018). استان‌های فارس، بوشهر، کهکیلویه و بویراحمد، هرمزگان و سیستان و بلوچستان برای کشت لایم مناسب هستند (Golein and Adouli, 2011). لیموترش در صنایع دارویی و همچنین در صنایع تبدیلی (جهت تولید آبلیمو و لیمو خشک) کاربرد دارد (Sherestha *et al*., 2012؛ Njoku *et al*., 2011). ویتامین ث یا اسید آسکوربیک، یکی از مهم‌ترین ویتامین‌های شناخته‌شده در آب لیموترش است. مقدار این ویتامین در آب لیموترش، در شرایط آب و هوایی مختلف تغییر می‌کند. ویتامین ث نقش مهمی در تغذیه انسان دارد و بدون شک قسمت قابل‌توجهی از ویتامین ث مورد نیاز بدن، از خوردن میوه‌ها به‌خصوص مرکبات تأمین می‌شود.

یکی از دلایل اصلی استفاده از مرکبات در رژیم غذایی تامین ویتامین‌ها است (Ladaniya, 2008). ویتامین ث، ویتامین اصلی مرکبات بوده که به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالای خود مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته و همبستگی بالای آن با قدرت احیاکنندگی رادیکال‌های آزاد به اثبات رسیده است (Rekha *et al.,* 2012؛ Barros *et al.,* 2012). چوکو و همکاران (Chuku *et al.,* 2012) مقدار ویتامین ث در برگ، پوست تنه، ریشه و میوه لیموترش را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که بیشترین میزان این ماده در برگ و سپس در میوه مرکبات یافت می‌شود. لیموترش همچنین دارای اسیدهای آلی فراوانی است که عمده‌ترین آن اسید سیتریک است (Sheresta *et al*., 2012). میزان اسید موجود در آب میوه لایم‌ها یکی از شاخص‌های مهم در تعیین بلوغ میوه محسوب می‌شود (Koehler-Santos *et al*., 2003). با وجود مزایای ذکر شده از لیموترش، یکی از مشکلات اصلی کشت و پرورش این درخت وجود بیماری جاروک است. این بیماری در سال‌های اخیر تعداد بسیار زیادی از درختان لایم را در جنوب ایران از بین برده است و تهدید اصلی برای تولید لایم محسوب می‌شود. بیماری جاروک ناشی از نوعی فیتوپلاسما به نام *Candidatus* Phytoplasma aurantifolia بوده و مهم‌ترین بیماری درختان لایم‌ترش است (Bove *et al*., 2000).

مقدار ویتامین ث در لیموترش، پرتقال و گریپ‌فروت به‌ترتیب معادل ۴۷/۹، ۴۷/۷ و ۳۵/۱ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر میوه گزارش شده است (Gorinstein *et al*., 2001). پرز- پرز و همکاران (Perez-Perez *et al*., 2005)، مقدار اسیدیته قابل تیتر (TA) میوه را در لیموی اورکا و لیسبون به ترتیب ۷/۸ و ۶/۱۳ درصد گزارش کردند. در این تحقیق مقدار مواد جامد محلول (TSS) در رقم اورکا، ۹/۱۵ درصد و در رقم لیسبون، ۸ درصد گزارش شد. پنیستون و همکاران (Penniston *et al*., 2008)، در ارزیابی کمی میزان اسید سیتریک در آب میوه لمون، لایم و بعضی از ارقام تجاری مرکبات، به این نتیجه رسیدند که در آب‌میوه و کنسانتره لمون‌ها و لایم‌ها در مقایسه با آب‌میوه گریپ فروت و سایر ارقام مرکبات، میزان اسید سیتریک بیشتری وجود دارد. در پژوهشی دیگر، میزان TSS در لیموترش معادل ۱۰/۹۲ درصد و TA، ۶/۱۱ درصد گزارش شد (Xu *et al*., 2008). با توجه به مطالعات باروس و همکاران (Barros *et al*., 2012)، روی ارقام تجاری مرکبات برزیل شامل پرتقال پرا، انواع لیموترش، لیمو شیرین و نارنگی پونکن، مقدار pH، TSS و TA در رقم پرشین‌لایم به‌ترتیب معادل ۲/۳۲، ۹/۸ و ۴/۳۷ درصد برآورد شد. شرستا و همکاران (Shrestha *et al*., 2012)، تنوع ترکیبات فیزیکوشیمیایی میوه‌های لایم‌ترش را در قسمت‌های مختلف درخت در نپال مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج آن‌ها، بالاترین میزان ویتامین ث (۷۹/۶ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر)، در میوه‌های قسمت جنوبی و کمترین میزان ویتامین ث (۶۲/۸ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر)، در میوه‌هایی قسمت مرکزی درخت مشاهده شد. قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2013) خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه را در سه رقم لایم‌ترش شامل دورگ خرم‌آباد، پرشین لایم و لیمو آب شیراز بررسی کردند. در این بررسی با وجود این‌که رقم دورگ خرم‌آباد کیفیت فیزیکی بهتری داشت، اما پرشین لایم به‌دلیل درصد آب‌میوه و خواص آنتی‌اکسیدانی بیشتر، به‌عنوان بهترین رقم برای مصرف معرفی شد.

طی دهه‌ی گذشته با تلاش پژوهشگران، تعدادی از ژنوتیپ‌های لیموترش از مناطق جنوبی کشور جهت دست‌یابی به ارقام متحمل به جاروک، جمع‌آوری و ارزیابی شدند. در این پژوهش خصوصیات کمی و کیفی تعدادی از این ژنوتیپ‌ها جهت کاربرد در صنایع تبدیلی، غذایی و برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی یا معرفی رقم جهت بهبود صفات مختلف مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۳۵ ژنوتیپ طبیعی لایم‌ترش از مناطق اصلی کاشت آن، واقع در کلکسیون ایستگاه‌های تحقیقات مرکبات جنوب کشور از استان‌های فارس (داراب و جهرم)، هرمزگان

(میناب) و کرمان (جیرفت) که همگی روی پایه‌های یکسان پیوند زده شده بودند و از شرایط یکسان باغبانی نیز برخوردار بودند، انتخاب شدند. ژنوتیپ‌های مذکور هفت ساله بوده و به ازاء هر ژنوتیپ پنج اصله درخت در کلکسیون مورد بررسی موجود بود. خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌ها طی دو سال متوالی (۹۴-۱۳۹۳) ارزیابی شد. بر اساس مناطق کشت، زمان برداشت میوه ژنوتیپ‌های مختلف طی ماه‌های تیر تا شهریور بود. به‌طوری‌که سی عدد میوه به‌طور تصادفی از قسمت‌های مختلف درخت در زمان رسیدن باغبانی میوه بر اساس شاخص برداشت لایم‌ها که میزان آب میوه و رنگ قابل قبول است، انتخاب شدند.

نمونه‌های مورد نظر طی دو سال با حفظ اصول قرنطینه‌ای، جهت ارزیابی صفات کمی و کیفی به آزمایشگاه پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری رامسر منتقل شدند. صفات مورد بررسی شامل طول و قطر میوه، ضخامت پوست و درصد عصاره کل آب‌میوه، میزان مواد جامد محلول (TSS)، میزان اسیدیته آب میوه (TA)، ویتامین ث، رنگ میوه، جرم، حجم و چگالی میوه، میزان pH و میزان هدایت الکتریکی (EC) بودند.

اندازه میوه با اندازه‌گیری طول (قطر محور طوقه به دم میوه) و قطر میوه به وسیله کولیس دیجیتال محاسبه شد. ضخامت پوست میوه نیز توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. آب‌میوه با دستگاه آبمیوه‌گیر دستی پس از جدا کردن بذر و پالپ به دست آمد و نسبت به جرم میوه بر حسب درصد محاسبه شد (Fattahi Moaghadam *et al*., 2011). میزان مواد جامد محلول (TSS) توسط دستگاه رفرکتومتر چشمی (مدل Atago-ATC-20) اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان اسیدیته (TA)، ده میلی‌لیتر از عصاره میوه با بیست میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و با استفاده از دو قطره شناساگر فنل‌فتالئین با سود یک دهم نرمال تا ظهور رنگ صورتی روشن تیتر شد و از حاصل‌ضرب عدد تیتراسیون در ۰/۰۶۴ میزان TA بر حسب درصد اسید سیتریک به‌دست آمد (Anonymous, 1998). غلظت اسید آسکوربیک از عصاره‌های میوه بر اساس احیا معرف رنگی ۲ و۶-دی کلروفنل ایندوفنل (DCPIP) به‌وسیله اسید آسکوربیک تعیین شد (Ladaniya, 2008). تغییرات رنگ پوست با استفاده از دستگاه کرومومتر مدل CR400-Minolta و در سه نقطه‌ی پوست میوه اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر L (درخشندگی)، a (سبزی [-] به قرمزی [+]) و b (آبی [-] به زردی [+])، زاویه رنگ (h) و کروما (C) اندازه‌گیری شد. حجم میوه به طریق جابجایی با آب به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری حجم، ابتدا جرم میوه (m_1) با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. سپس جرم آب داخل بشر و خود بشر (m_2) نیز یادداشت شد. در مرحله بعد میوه داخل بشر حاوی آب به حالت غوطه‌ور قرار داده شد و جرم بشر، آب و میوه

داخـل آن (m_3) یادداشـت شـد. در نهایـت بـا استفاده از فرمول زیر حجم میوه (V) بـر حسـب سانتی‌مترمکعب به‌دست آمد:

$$V = m_3 - m_2 / \rho_w$$

در فرمـول فـوق m_3-m_2، برابـر جـرم آب جابجـا شـده و ρw چگـالی آب اسـت (Razavi and Akbari, 2012). چگـالی میـوه نیز با تقسیم وزن میوه‌ها بر حجم آن‌ها، بر اساس گـرم بـر سـانتی‌مترمکعـب، محاسـبه شـد. بـرای اندازه‌گیری pH، عصاره میوه‌ها به طور جداگانه در داخـل ظرفـی ریختـه شـد و پـس از کـالیبره کـردن دسـتگاه، pH آن‌هـا بـه طـور مسـتقیم بـا اسـتفاده از دسـتگاه pH متـر (مـدل Metller) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری EC آب‌میوه، عصاره میوه‌ها به طور جداگانه در داخـل ظرفـی ریخته شد و EC عصاره‌ها بر اساس میلی‌مـوس بـر سـانتی‌متـر توسـط دسـتگاه EC متـر (مـدل Seneneasy Mettler Toledo) انـدازه‌گیـری شد. جهت محاسبه آماره‌هـای توصـیفی صـفات مورد بررسی و همچنین ضریب همبستگی ساده، از نـرم افـزار SPSS 21.0 اسـتفاده شـد (Anonymous, 2012). بـرای گـروه‌بنـدی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از تجزیه خوشـه‌ای بـا روش حـداقل واریـانس وارد (Ward) اسـتفاده شد (Ward, 1963).

نتایج و بحث

ویژگی‌های میوه ژنوتیپ‌هـای مختلـف لایـم در جدول ۱ آورده شده است.

آمـاره توصـیفی متغیرهـای مـورد بررسـی از جملـه مقـادیر حـداقل، حـداکثر، میـانگین و انحراف معیار به‌همراه ضـریب تغییـرات صـفات مـورد مطالعـه در جـدول ۲ آورده شـده اسـت. بـالاترین ضـریب تغییـرات فنـوتیپی مربـوط بـه صفات حجم میوه، چگـالی، تعـداد بـذر میـوه و وزن میوه به ترتیب بـه میـزان، ۸۳، ۷۷، ۷۵ و ۶۱ درصد و پایین‌ترین ضـریب تغییـرات مربـوط بـه صـفت h (زاویـه رنـگ پوسـت) بـه میـزان پـنج درصـد بـود. بـا توجـه بـه ایـن‌کـه هـر چـه ضـریب تغییـرات بـالاتر باشـد، نشـانگر تنـوع موجـود در آن صـفت در بـین ژنوتیـپ‌هـای مختلـف اسـت، لـذا تنـوع موجـود مـی‌توانـد به نحو مطلوبی مورد استفاده بـه‌نژادگـران قـرار گیرد (Naroui Rad *et al*., 2008). در پژوهش حاضـر نیـز بـالا بـودن ضـریب تغییـرات صـفات مـذکور، بـه‌علـت تنـوع بـالای موجـود بـین ژنوتیپ‌های انتخابی لیموترش بود، به‌طوری‌که امکان انتخاب بیشتر و دقیق‌تری را بـرای صـفت مورد نظـر فـراهم مـی‌کنـد (Falconer, 1989). میزان آب‌میوه، اسیدیته، ویتـامین ث، ضـخامت پوست و شکل میوه از جمله صفاتی هسـتند کـه بیشتر از سایر صفات در تعیین کیفیت لیمـوترش اهمیـت دارنـد (Sherestha *et al*., 2012؛ Ladaniya, 2008). نوع پایه، رقم، میزان بلوغ و مرحلـه رشـدی، شـرایط آب‌وهـوایی، ارتفـاع و دمای محیط، نوع خـاک و موقعیـت قرارگیـری میوه در تـاج درخـت صـفات مـذکور را تحـت تأثیر قرار می‌دهنـد (Sherestha *et al*., 2012).

جدول ۱- ویژگی‌های میوه ژنوتیپ‌های مختلف لایم
Table 1. The characteristics of different lime genotypes

ردیف Number	نام عمومی Common name	نام علمی Scientific name	مکان جمع آوری Location	زمان رسیدن میوه Fruiting season	شکل درخت بالغ Tree shape	شکل سر میوه Shape of fruit apex	شکل میوه Fruit shape	بافت گوشت میوه Pulp texture	تراکم تیغ Spine density on adult tree	شکل پهنک برگ Leaf lamina shape	رنگ نوک شاخه Shoot tip color
1	6 Darab (MH1)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
2	1-1 (MH2)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
3	2-2-MX(MH3)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
4	Binam(MH4)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
5	5-2(MH5)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
6	4- Darab (MH6)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
7	4-5(MH7)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
8	1-10 (MH8)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
9	4-2(MH9)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
10	1-13 (MH10)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
11	1-14(MH11)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
12	1-7 (MH12)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
13	5-1 (MH13)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
14	1-4 (MH14)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
15	1-3 (MH15)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
16	2-8 (MH16)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
17	2-10 (MH17)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
18	1-5 (MH18)	*Citrus* sp.	میناب Minab	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

ردیف Number	نام عمومی Common name	نام علمی Scientific name	مکان جمع آوری Location	زمان رسیدن میوه Fruiting season	شکل درخت بالغ Tree shape	شکل سر میوه Shape of fruit apex	شکل میوه Fruit shape	بافت گوشت میوه Pulp texture	تراکم تیغ Spine density on adult tree	شکل پهنک برگ Leaf lamina shape	رنگ نوک شاخه Shoot tip color
19	Mesri- Kamali (nMH3)	*Citrus* sp.	جهرم Jahrom	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
20	Kharkolu(nMH5)	*Citrus* sp.	جهرم Jahrom	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
21	Hybrid 5 (TD1)	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
22	Hybrid 6 (TD2)	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
23	Hybrid 7 (TD3)	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
24	Limequat (TD4)		داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
25	Hybrid 8 (TD5)	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
26	Hybrid 2 (TD6)[a]	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
27	Hybrid 3 (TD7)[b]	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
28	Cucumber-shaped lime of Farood (TD8)	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
29	Sweet lime Forg (TD9)	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
30	Curly lime of Farood (TD10)	*Citrus* sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
31	G6	*Citrus* sp.	جیرفت Jiroft	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple
32	G7	*Citrus* sp.	جیرفت Jiroft	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple
33	G11	*Citrus* sp.	جیرفت Jiroft	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple
34	(C4) Persian lime	*Citrus latifolia* Tanaka	رامسر Ramsar	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple
35	(C10) Mexican lime	*Citrus auranifolia* Swingle	رامسر Ramsar	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple

a: *Citrus aurantifolia* × Bakraee (*Citrus sp.*); b: *Citrus aurantifolia*× *Citrus sinensis*

جدول ۲- آمارههای توصیفی متغیرهای مورد بررسی در ژنوتیپهای لیموترش جنوب ایران (میانگین دو سال)

Table 2. Descriptive statistics of studied variables in lemon genotypes in the south of Iran (The means of two years)

Traits	صفات	حداقل Minimum	میانگین Mean	حداکثر Maximum	دامنه تغییرات Range	انحراف معیار Std. deviation	ضریب تغییرات (٪) C.V. (%)
Peel thickness (mm)	ضخامت پوست میوه	0.91	1.58	4.88	3.97	0.72	46.00
Fruit weight (g)	وزن میوه	11.00	32.69	86.86	75.86	20.00	61.00
Fruit length (mm)	طول میوه	24.94	41.21	66.59	41.66	10.15	25.00
Fruit diameter (mm)	قطر میوه	20.2	36.16	60.5	40.31	8.78	24.00
Length to diameter ratio of fruit	نسبت طول به قطر میوه	0.92	1.17	1.85	0.92	0.21	18.00
Fruit TSS (%)	میزان مواد جامد محلول میوه	8.00	9.16	13.75	5.75	1.46	16.00
Seed number of fruit	تعداد بذر میوه	1.00	15.00	29.00	28.00	6.03	75.00
Fruit volume (cm^3)	حجم میوه	1.05	27.77	95.50	94.45	23.16	83.00
Fruit density ($g.cm^{-3}$)	چگالی میوه	0.39	1.53	7.28	6.89	1.18	77.00
Juice percent of fruit (%)	درصد آب میوه	13.83	31.34	51.92	38.09	11.94	38.00
pH	پی اچ میوه	2.20	2.87	4.79	2.59	0.42	15.00
L	درخشندگی پوست	33.61	51.16	63.65	30.04	6.76	0.13
C	کروما	36.44	47.08	58.23	21.79	5.07	0.11
h	زاویه رنگ پوست	91.77	109.05	115.83	24.06	5.15	0.05
a	سبزی به قرمزی	-17.83	-15.03	-3.17	14.66	3.42	-0.23
b	آبی به زردی	33.21	44.68	56.47	23.26	5.48	0.12
Acidity (%)	اسیدیته آبمیوه	0.71	5.02	7.05	6.34	1.45	0.29
Vitamin C ($mg.100g^{-1}$ FW)	ویتامین ث	18.62	28.76	45.62	27.00	6.78	0.24
Electrical conductivity ($mmhos.cm^{-1}$)	هدایت الکتریکی	2.48	3.70	4.61	2.13	0.49	0.13

با توجه به جدول ۲، میانگین ضخامت پوست میوه ۱/۵۸ میلی‌متر بود. حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh Khankhadani *et al*., 2016)، ضخامت پوست مکزیکن لایم را بین ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر و لادانیا (Ladaniya, 2008)، این ضخامت را دو میلی‌متر گزارش کردند. کابررا و همکاران (Cabrera *et al*., 2010)، لیموترش را جز دسته مرکبات پوست نازک دانسته است. پیناس و الیزر (Pinhas and Elizer, 1996) بیان کردند که ضخامت پوست در ارقام مختلف مرکبات متفاوت بوده و علاوه بر اختلاف ژنتیکی، شرایط محیطی نیز بر میزان ضخامت پوست نقش مؤثر دارد. اغلب ضخامت پوست تحت تأثیر ژنوتیپ، شرایط محیطی، نوع پایه و تغذیه مرکبات است. هم‌چنین تنش آبی منجر به تولید میوه‌های کوچک‌تر، با رنگ روشن‌تر، پوست ضخیم‌تر همراه با محتوای آب کمتر می‌شود (Ritenour *et al*., 2003). از سوی دیگر استفاده از ارقام با پوست ضخیم می‌تواند جهت استفاده در فرآوری سودمند باشد (Mortazavi and Ziaalhagh, 2004). وزن میوه‌های مورد بررسی نیز بین ۱۱ تا ۸۶/۸۶ گرم متغیر بود. این دامنه تغییرات بزرگ به علت تنوع فنوتیپی زیاد موجود در جمعیت مورد نظر بود. در بررسی سید قاسمی و همکاران (Seyed Ghasemi *et al*., 2013)، وزن میوه‌ها در ارقام مختلف لیموترش بین ۷۵/۹۳ و ۱۳۱ گرم برآورد شده است. گیمارز و همکاران (Guimaraes *et al*., 2010) در بررسی ترکیبات شیمیایی مهم در پوست و آب میوه بعضی از ارقام مرکبات، میانگین وزن میوه لیموترش را ۷۶/۶ گرم گزارش کردند. میانگین طول میوه‌ها، عرض آن‌ها و نسبت طول به عرض در پژوهش حاضر، به‌ترتیب ۴۱/۲۱، ۳۶/۱۶ و ۱/۱۷ میلی‌متر بود. حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh Khankhdani *et al*., 2016)، طول، عرض و نسبت طول به عرض را در مکزیکن لایم ۳۶، ۳۴ و ۱/۰۵ میلی‌متر عنوان کردند. میانگین مواد جامد محلول در تحقیق حاضر ۹/۱۶ درصد بود. طبق گزارش حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh Khankhadani *et al*., 2016)، این مقدار بین ۷ تا ۹ درصد و شرستا و همکاران (Sherestha *et al*., 2012) بین ۷/۴ تا ۸/۳ درصد گزارش شده است. میانگین تعداد بذر در این تحقیق ۸/۰۳ بود. حسن زاده و همکاران تعداد بذر لایم اسیدی را ۵ عدد گزارش کردند. میانگین حجم و چگالی میوه‌ها در این پژوهش به ترتیب ۲۷/۷ مترمکعب و ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. سید قاسمی و همکاران (Seyed Ghasemi *et al*., 2013) میانگین حجم لمون‌ها را ۸۹/۴۷ متر مکعب اندازه‌گیری کردند. میانگین درصد آب‌میوه در این پژوهش ۳۱/۳۴ درصد اندازه‌گیری شد. شرستا و همکاران (Sherestha *et al*., 2012)، درصد آب‌میوه لایم اسیدی را بین ۳۶/۶ تا ۴۵/۷ درصد و لادانیا (Ladaniya, 2008) ۵۰ تا ۵۵ درصد ارزیابی کردند.

میانگین میزان pH و اسیدیته آب لیموترش نیز در این پژوهش به ترتیب ۲/۸ و ۵/۰۲ درصد برآورد شده است. حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh Khankhadani *et al*., 2016)، میزان اسیدیته لیموترش را بین ۶ تا ۷ درصد و شرستا و همکاران (Sherestha *et al*., 2012) بین ۶/۸ تا ۷/۹ درصد گزارش کردند. پژوهش رخا و همکاران (Rekha *et al*., 2012)، نشان داد که آب‌میوه‌های نارس بعضی از ارقام مرکبات از جمله لیمو، اسید آسکوربیک بیشتری در مقایسه با آب‌میوه‌های رسیده دارند. در این بررسی میزان ویتامین ث در آب‌میوه‌های رسیده ۱۰/۶ و در آب‌میوه‌های نارس ۱۲/۷ گرم بر صد میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. نجوکو و همکاران (Njoku *et al*., 2011) در بررسی تأثیر دماهای مختلف در میزان ویتامین ث لیموترش مقدار این ماده را در دماهای مختلف بین ۲۲/۲ تا ۲۷ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کردند. در این پژوهش میانگین میزان هدایت الکتریکی برای آب میوه، ۳/۷ میلی‌موس بر سانتی‌متر برآورد شده است. میزان EC یا هدایت الکتریکی آب‌میوه عاملی است که تحت تأثیر میزان ترکیبات موجود در آب‌میوه همچون میزان شکر، نمک و pH آن قرار می‌گیرد. بنابراین میزان EC یک محلول با میزان نمک‌ها و املاح محلول نسبت مستقیم و با مقاومت الکتریکی نسبت عکس دارد (Lamsal and Jindal, 2014). بنابراین افزایش املاح در آب‌میوه به علت افزایش فشار اسمزی به‌عنوان پارامتر منفی محسوب می‌شود. خاک مناطق جنوبی کشور شور است و میزان EC بالاتری نیز دارد. بنابراین آب‌میوه نمونه‌های لیموترش مورد بررسی نیز نسبت به سایر ارقام مرکبات که در شمال کشت می‌شوند دارای EC بالاتری هستند. میزان EC بیان‌کننده میزان نشت الکترولیت‌های سلولی به فضای بین سلولی، به دلیل بی ثباتی غشای پلاسمایی است که در حین رسیدن و انبارداری دستخوش تغییراتی قرار می‌گیرد (Feng and Yangb, 2005). از لحاظ صفات رنگ میوه میانگین میزان درخشندگی پوست (L) ۵۱/۱۶، میانگین کروما (C) ۴۷/۰۸، میانگین زاویه رنگ پوست (h) ۱۰۹/۰۵، میانگین سبزی به قرمزی (a)، ۱۵/۰۳- و میانگین آبی به زردی (b)، ۴۶/۶۸ بود. با توجه به مقادیر به‌دست آمده از عامل‌های a و b، مشخص شد که لیموها در شرایطی که در رنگ سبز- زرد هستند برداشت شده و به بازار عرضه می‌شوند. بر اساس گزارش راکس و باری (Roux and Barry, 2006) مقادیر سه شاخص روشنایی، کروما و زاویه رنگ پوست پرتقال به ترتیب ۷۰-۶۵، ۶۰< و ۸۰< تعیین شد. اگرچه تغییر رنگ پوست یک شاخص ضعیف از رسیدن است، ولی رنگ بیشتر تحت تأثیر آب و هوا است. همچنین قدرت درخت، روی رنگ میوه اثر دارد. درختان با رشد بالا نسبت به درختان با رشد کم، میوه‌های با رنگ ضعیف تولید می‌کنند (Mouhan Jain and Priyadarshan., 2009).

همزمان با بلوغ میوه مرکبات، تغییر در رنگ پوست به دلیل کاهش کلروفیل و افزایش غلظت کاروتنوئید اتفاق می‌افتد. چنانچه هدف از فرآوری میوه، استخراج رنگدانه‌های پوست که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند، باشد می‌توان بیوتیپ‌هایی که دارای رنگدانه‌های بیشتر هستند را انتخاب کرد. مقایسه نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر و نتایج گزارش‌های سایر محققین بیانگر این مطلب است که علی‌رغم مطابقت بین نتایج، در برخی متغیرها عدم همخوانی بین نتایج وجود دارد. با توجه به اینکه علاوه بر ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی و عملیات کاشت و داشت، نوع مدیریت باغ، نوع پایه، آبیاری، نحوه کوددهی، هرس، زمان برداشت حضور آفات و بیماری و نحوه کنترل آن‌ها هم روی صفات کمی و کیفی لیموترش اثر می‌گذارند (Cabrera *et al*, 2010)، لذا تفاوت موجود بین مقادیر به‌دست آمده امری طبیعی بوده و چندان دور از انتظار نیست.

ضرایب همبستگی ساده صفات

در جدول ۳ ضرایب همبستگی ساده میان صفات درج شده است. شناخت همبستگی بین صفات برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر ضروری است. همچنین همبستگی یک متغیر با سایر متغیرها رابطه‌ای را نشان می‌دهد که هر چند از نوع تأثیر محسوب نمی‌شود، اما اندازه‌گیری غیرمستقیم آن را امکان پذیر می‌سازد. از این رو در برخی موارد که اندازه‌گیری صفتی، مشکل و یا پیچیده و پر هزینه باشد می‌توان از صفت‌های دیگری که با این صفت همبستگی معنی‌دار بالایی دارند، برای اندازه‌گیری غیرمستقیم آن استفاده کرد (Mahdavian *et al*., 2007). نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرها نشان داد که بین برخی از صفات همبستگی معنی‌داری وجود دارد. بین وزن، طول، قطر و حجم میوه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری مشاهده شد. از طرفی بین حجم میوه و چگالی همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. میزان TA همبستگی منفی و معنی‌داری با pH عصاره داشت. هر چقدر میزان عصاره میوه اسیدی‌تر باشد و TA بیشتری از خود نشان دهد، به علت بالا بودن میزان اسیدیته، pH پایین‌تری خواهد داشت. این نتایج با پژوهش آهنکوب و همکاران (Ahankoub *et al*., 2013) و سید قاسمی و همکاران (Seyad Ghasemi *et al*., 2013)، مطابقت داشت. همبستگی منفی pH و TA از این جهت است که pH فعالیت یون H آزاد را اندازه‌گیری می‌کند، در حالی‌که TA، غلظت اسید قابل تیتراسیون را مشخص می‌کنند (Sadler and Murphy, 2010).

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای بر اساس تمام صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده به روش حداقل واریانس وارد صورت گرفت (شکل ۱).

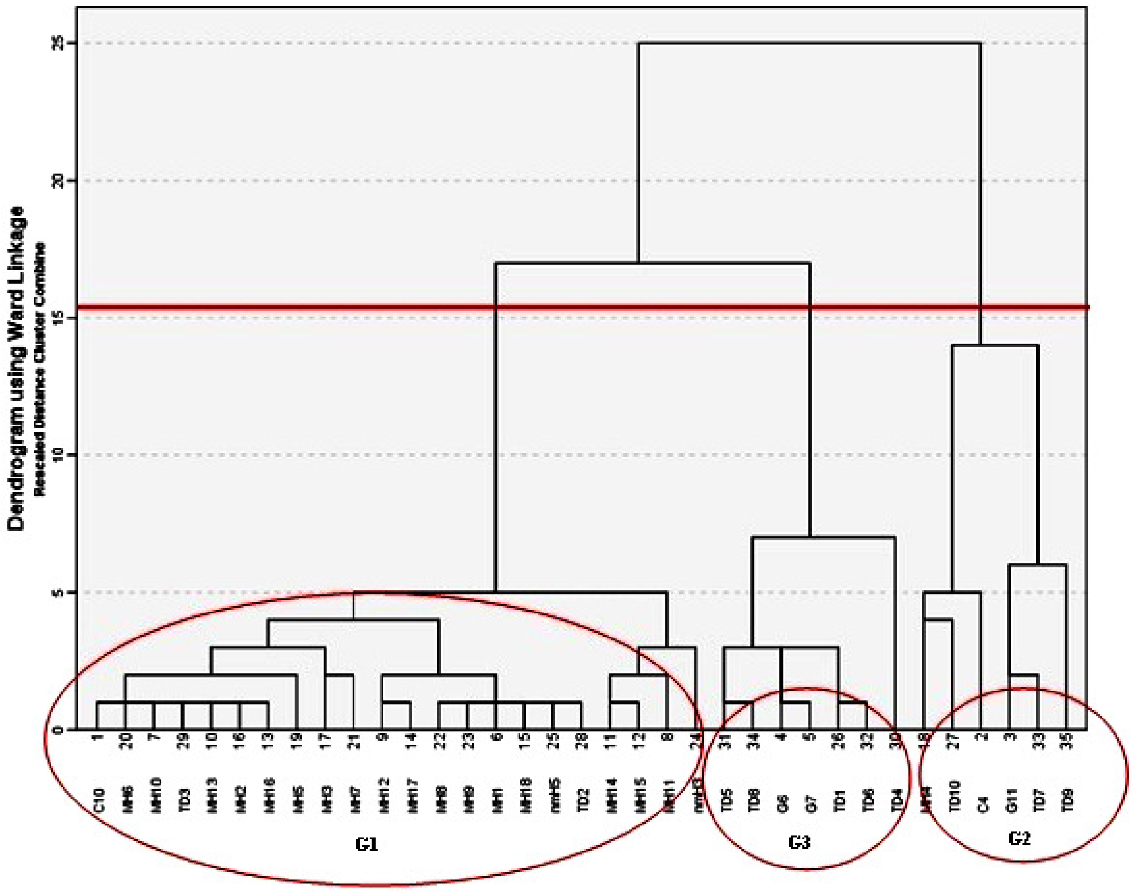
جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده میان صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های لیموترش

Table 3. Pearson correlation coefficients between studied traits in Lime genotypes

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
وزن میوه (۱) Fruit weight (1)	0.602**																	
طول میوه (۲) Fruit length (2)	0.442**	0.749**																
قطر میوه (۳) Fruit diameter (3)	0.464**	0.894**	0.723**															
نسبت طول به قطر (۴) Length/ diameter (4)	-0.098	-0.182	0.425*	-0.256														
مواد جامد محلول (۵) Fruit TSS (5)	0.046	0.034	0.350*	0.007	0.538**													
تعداد بذر (۶) Seed number (6)	0.032	-0.147	-0.179	-0.119	-0.16	-0.043												
حجم میوه (۷) Fruit volume (7)	0.445**	0.813**	0.682**	0.697**	-0.032	0.344*	-0.158											
چگالی میوه (۸) Fruit density (8)	-0.054	-0.083	-0.145	-0.068	-0.027	-0.281	-0.046	-0.366*										
درصد آب میوه (۹) Juice percent (9)	-0.221	-0.062	-0.390*	-0.098	-0.499**	-0.629**	0.16	-0.28	-0.044									
پی اچ میوه (۱۰) pH (10)	0.273	0.286	0.307	0.291	0.065	0.124	-0.114	0.427*	-0.039	-0.519**								
درخشندگی پوست (۱۱) L (11)	0.159	0.074	0.048	0.092	-0.092	-0.317	0.081	-0.091	0.181	0.239	-0.161							
کروما (۱۲) C (12)	0.119	-0.086	-0.214	-0.064	-0.345*	-0.450**	0.215	-0.222	-0.118	0.391*	-0.24	0.669**						
زاویه رنگ پوست (۱۳) h (13)	-0.500**	-0.432**	-0.251	-0.388*	0.199	-0.015	0.029	-0.418*	0.227	-0.064	0.005	-0.595**	-0.551**					
سبزی به قرمزی (۱۴) a (14)	0.539**	0.480**	0.468**	0.421*	0.075	0.336*	-0.015	0.581**	-0.243	-0.231	0.046	0.418*	0.213	-0.879**				
آبی به زردی (۱۵) b (15)	0.159	-0.009	-0.172	0.024	-0.388*	-0.461**	0.235	-0.159	-0.136	0.399*	-0.217	0.663**	0.936**	-0.637**	0.315			
اسیدیته آب‌میوه (۱۶) Acidity 16)	-0.337*	-0.449**	-0.548**	-0.495**	-0.2	-0.530**	0.289	-0.638**	0.247	0.659**	-0.666**	0.233	0.431**	0.196	-0.398*	0.388*		
ویتامین ث (۱۷) Vitamin C (17)	-0.055	0.284	0.056	0.321	-0.350*	-0.266	-0.141	0.266	-0.13	0.203	0.24	0.064	0.217	-0.095	-0.107	0.15	-0.002	
هدایت الکتریکی EC	-0.202	-0.371*	-0.072	-0.356*	0.324	0.429*	0.208	-0.155	-0.057	-0.323	-0.328	-0.067	-0.149	0.254	0.015	-0.205	0.13	-0.417*

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های لیموترش بر مبنای صفات کمی و کیفی آن‌ها

Fig. 1. Dendrogram obtained from cluster analysis of lime genotypes based on their quantitative and qualitative traits

نقطه برش دندروگرام به نحوی انتخاب شد که کل ژنوتیپ‌های لیموترش مورد مطالعه را به سه گروه تقسیم‌بندی کند (شکل ۱). با این برش، ژنوتیپ‌های هر گروه شاخصه‌های متمایزی داشتند که آن‌ها را از سایر گروه‌ها جدا کرد. در جدول ۴ به‌طور خلاصه به خصوصیات برتر گروه های مختلف لیموترش (حاصل از تجزیه خوشه‌ای) اشاره شده است. از سوی دیگر نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه برای گروه‌های مذکور از لحاظ کلیه صفات ارزیابی‌شده نشان داد که سه گروه از لحاظ همه صفات، به جز تعداد بذر، چگالی، pH و L (درخشندگی پوست) دارای اختلاف معنی‌داری هستند.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه خوشه‌ای (جدول ۵)، بیشترین تعداد ژنوتیپ مورد بررسی در گروه اول (G1) دیده شد که شامل ۲۲ ژنوتیپ بود. این گروه ژنوتیپ‌های C10، MH6، MH10، TD3، MH13، MH2، MH16، MH5، MH3، MH7، MH12، MH17، MH8، MH9، MH1، MH18،

جدول ۴- خصوصیات برتر گروه‌های مختلف لیموترش حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 4. Superior characteristics of different limes groups obtained from cluster analysis

گروه Group	ژنوتیپ Genotypes	خصوصیات برتر Superior characteristics
1	C10, MH6, TD3, MH10, MH16, MH2, MH13, MH5, MH3, MH7, MH12, MH17, MH8, MH18, MH1, MH9, TD2, nMH5, MH14, MH15, MH11, nMH3	دارا بودن ضخامت پوست کمتر، میزان بالاتر درصد آب میوه، میزان اسیدیته بیشتر و میزان بیشتر شاخص‌های L (درخشندگی)، C (کروما) و b (زردی) Having smaller peel thickness, more juice percent, more acidity and higher indices of L (brilliance), C (chroma) and b (yellowish)
2	MH4, TD10, C4, G11, TD7, TD9	داشتن میوه‌هایی با طول، عرض، وزن و حجم بیشتر، داشتن pH و ویتامین ث بالاتر و میزان بیشتر شاخص a (رنگ سبز میوه‌ها) Having fruits with more length, diameter, weight and volume, with more pH, vitamin C and higher index of a (green color of fruit)
3	TD5, TD8, G6, G7, TD1, TD6, TD4	داشتن میوه‌هایی با نسبت طول به عرض بالاتر (کشیده‌تر بودن میوه‌ها)، داشتن چگالی و EC بیشتر و میزان بیشتر شاخص h (زاویه رنگ) Having fruits with higher L/D (more elliptical), more density and EC and higher index of h (color angle)

جدول ۵- میانگین‌های صفات بررسی‌شده گروه‌های مختلف لیموترش حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 5. The means of studied traits of different limes groups obtained from cluster analysis

گروه Group	تعداد ژنوتیپ Genotype number	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	وزن میوه Fruit weight (g)	طول میوه Fruit length (mm)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	نسبت طول به قطر Length to diameter	مواد جامد محلول TSS (%)	تعداد بذر Seed number	حجم میوه Fruit volume (cm^3)	چگالی میوه Fruit density ($g.cm^{-3}$)	درصد آب میوه Juice percent	پی اچ میوه pH	درخشندگی پوست L	کروما C	زاویه رنگ پوست h	سبزی به قرمزی a	آبی به زردی b	اسیدیته آب‌میوه Acidity (%)	ویتامین ث Vitamin C ($mg.100g^{-1}$ FW)	هدایت الکتریکی EC ($mmhos.cm^{-1}$)
									The means of traits میانگین صفات											
1	22	1.38	27.86	37.02	34.76	1.08	8.37	8.64	17.79	1.58	38.53	2.75	51.90	48.72	109.77	-16.47	46.41	5.74	30.16	3.57
2	6	2.67	64.73	53.36	48.54	1.10	10.35	7.33	68.74	1.01	21.38	3.18	51.85	46.40	102.55	-9.75	44.54	3.09	30.78	3.62
3	7	1.28	19.28	43.94	29.95	1.48	10.63	7.00	24.05	1.79	17.25	2.97	48.24	42.48	112.38	-15.01	39.35	4.40	22.61	4.17
Mean	35	1.58	32.47	41.21	36.16	1.17	9.16	8.09	27.77	1.53	31.34	2.87	51.16	47.08	109.05	-15.03	44.68	5.02	28.76	3.70

میانگین‌هایی که زیرآن‌ها خط کشیده شده است، بیانگر بیشترین ارزش آن گروه در بین سه گروه است.

The means with line drawn beneath had the highest value among the three groups.

nMH5، TD2، MH14، MH15، MH11 و nMH3 را در خود جای داد. طبق اطلاعات جدول ۱، اکثر نمونه‌های موجود در گروه یک (۱۷ ژنوتیپ) همگی از شهرستان میناب و استان هرمزگان جمع‌آوری شده بودند. با توجه به این که از شرایط آب و هوایی تقریباً یکسانی برخوردار بودند، بنابراین قرارگیری آن‌ها در یک گروه طبیعی به نظر می‌رسد. به‌علت شباهت موجود بین آن‌ها، به‌نظر می‌رسد از منابع ژنتیکی یکسانی تهیه شده باشند. همان طور که قبلاً ذکر شد، علاوه بر ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی و عملیات کاشت هم روی صفات کمی و کیفی میوه‌ها اثر می‌گذارند (Lee and Kader, 2000). با توجه به اینکه ژنوتیپ C10 (مکزیکن لایم) نیز در این گروه قرار گرفته است، لذا به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های موجود در این گروه و اکثر ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از استان هرمزگان شباهت خیلی زیادی از لحاظ خصوصیات کمی و کیفی به مکزیکن لایم دارند. خصوصیات برتر این گروه (G1)، دارا بودن ضخامت پوست کمتر نسبت به سایر گروه‌ها (۱/۳۸ میلی‌متر)، میزان بالاتر درصد آب میوه (۳۸/۵۳ درصد)، میزان اسیدیته بیشتر (۵/۷۴ درصد) و همچنین میزان شاخص‌های L (شاخص درخشندگی، ۵۱/۹۰)، C (میزان کروما بیشتر، ۴۸/۷۲) و همچنین b (شاخص رنگ زردی، ۴۶/۴۱) بیشتر بود. لادانیا (Ladaniya, 2008)، مواردی از جمله داشتن ضخامت پوست میوه حدود ۲ میلی‌متر، شکل کروی و تخم مرغی میوه، قطر میوه حدود ۳۵ تا ۴۰ میلی‌متر، میزان اسیدیته حدود ۷ تا ۸ درصد و میزان آب حدود ۵۰ تا ۵۵ درصد را از ویژگی‌های برتر لایم‌های اسیدی دانسته است. با توجه به اطلاعات جدول ۴، گروه یک تقریباً اکثر صفات مذکور را دارد. از لحاظ میانگین درصد آب‌میوه، اگرچه گروه اول با میانگین ۳۸/۵۳ درصد، بالاترین میانگین درصد آب‌میوه را به‌دست آورده است اما باید خاطر نشان کرد در گروه اول ژنوتیپ‌هایی با درصد آب‌میوه بیشتر هم وجود داشت؛ از جمله نمونه‌های لایم ترش (ژنوتیپ‌های MH1، MH5، MH9، MH13 و MH17) که درصد آب‌میوه آن‌ها بین ۴۳ تا ۵۲ درصد بود. همچنین از لحاظ میزان اسیدیته نیز ارزش آن‌ها بین ۵ تا ۷ درصد متغیر بود. نمونه‌های این گروه با توجه به داشتن طول و قطر نزدیک‌تر به‌هم و کمتر بودن نسبت طول به عرض میوه نسبت به سایر گروه‌ها، تا حدودی دارای میوه‌های گردتری بود. گردی میوه در مرکبات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به علت دسته‌بندی راحت‌تر، سبب افزایش بهره‌وری در صنایع تبدیلی می‌شود (Hui *et al.*, 2006؛ Fotouhi and Fattahi, 2010). با توجه به جدول ۴، میانگین سه شاخص رنگی شامل شاخص‌های L (درخشندگی)، C (کروما) و همچنین b (شاخص رنگ زردی) نیز در گروه اول (G1) بیشتر از سایر گروه‌ها است. شاخص L و C از عوامل مهم تعیین کیفیت ظاهری میوه محسوب می‌شوند (Pan and Shu, 2007). این

موضوع سبب برتری گروه اول (G1) نسبت به سایر گروه‌ها است. گروه دوم (G2)، شامل شش ژنوتیپ متشکل از ژنوتیپ‌های MH4، TD10، C4، G11، TD7 و TD9 است. از مشخصه‌های بارز گروه دوم داشتن میوه‌هایی با طول، عرض، وزن و حجم بیشتر است. همچنین دارای pH و ویتامین ث بالاتر هستند و میزان a یا همان رنگ سبز میوه‌ها در آن بالاتر از گروه‌های دیگر است. سه ژنوتیپ از این گروه (TD7، TD9 و TD10) متعلق به نمونه‌های استان فارس و داراب هستند. ژنوتیپ C4 همان پرشین لایم است و G11 نمونه لایمی است که از جیرفت گرفته شده است. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های MH4، TD7، TD9، TD10و G11 در کنار پرشین لایم در یک گروه مجزا قرار گرفته‌اند، شباهت‌هایی از لحاظ ظاهری با آن دارند. با توجه به داده‌های جدول ۴، این گروه درشت‌ترین میوه‌ها را دارد چرا که میوه‌ها دارای طول و عرض بیشتری نسبت به میوه‌های سایر گروه‌ها هستند. هفت ژنوتیپ شامل TD5، TD8، G6، G7، TD1، TD6و TD4 در گروه سه (G3) قرار گرفتند. میوه‌هایی که در گروه سوم قرار گرفتند، دارای نسبت طول به عرض بالاتر بودند که نشان‌دهنده کشیده‌تر بودن میوه‌ها در این گروه نسبت به دو گروه دیگر است. همچنین این گروه چگالی، EC و میزان h یا زاویه رنگ بالاتر داشتند. فتاحی‌مقدم و همکاران (Fattahi Moghadam *et al*., 2011) با تحقیقی که بر روی تغییرات میزان EC (هدایت الکتریکی) در برخی ارقام مرکبات در حین رسیدن انجام دادند، دریافتند که میزان EC عصاره با رسیده شدن میوه‌ها افزایش می‌یابد. همان‌طور که ذکر شد میزان EC به‌طور غیرمستقیم، نشان‌دهنده استحکام بافت میوه است، بنابراین افزایش این شاخص می‌تواند نشان‌دهنده نرم شدن بافت میوه باشد که در مورد مرکبات، یک خصوصیت منفی محسوب می‌شود. یکی از ویژگی‌های مثبت این گروه داشتن میوه‌هایی با بذر کمتر نسبت به سایر گروه‌ها است، که می‌توان در برنامه‌های اصلاحی آینده از این ویژگی مطلوب بهره گرفت.

با توجه به جدول ۴ و ۵، برتری گروه اول (G1) در مقایسه با سایر گروه‌ها مشهود است. گروه اول از نظر صفاتی همچون میزان آبمیوه، میزان اسیدیته، مقدار ویتامین ث، ضخامت پوست و شکل میوه که بیشتر از بقیه صفات کمی و کیفی در تعیین کیفیت لیموترش اهمیت دارند (Sherestha *et al*., 2012؛ Ladaniya, 2008)، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها و گروه‌ها از موقعیت برتری برخوردار بود. مقادیر صفات مذکور در ژنوتیپ‌های لیموترش مورد بررسی در جدول ۶ آورده شده است.

در نهایت، با توجه به وجود تنوع کافی بین ژنوتیپ‌های لیموترش مورد مطالعه، می‌توان در آینده با انتخاب مواد گیاهی مناسب در بین گروه‌ها برای انجام برنامه‌های اصلاحی با اهداف متعدد استفاده کرد.

جدول ۶- صفات مهم بررسی شده در ژنوتیپ‌های لیموترش
Table 6. Studied important traits in limes genotypes

ژنوتیپ Genotype	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	وزن میوه Fruit weight (g)	تعداد بذر Seed number	درصد آب‌میوه Juice percent of fruit (%)	اسیدیته Acidity (%)	ویتامین ث Vitamin C ($mg.100g^{-1}$ FW)
1	1.58	23.68	8	43.64	6.41	25.82
2	1.52	18.74	8	38.17	5.94	28.07
3	1.26	15.88	8	38.51	7.05	44.84
4	4.88	56.17	9	18.41	3.55	22.28
5	1.23	18.76	29	51.92	6.47	26.81
6	1.41	21.25	16	39.22	6.18	31.54
7	1.28	14.52	8	34.46	6.21	31.88
8	1.47	25.95	3	41.12	5.61	29.01
9	1.45	20.76	7	43.77	6.25	29.23
10	1.42	22.96	8	40.21	6.22	30.64
11	2.29	60.72	8	35.35	6.26	33.40
12	1.18	31.89	14	40.68	6.27	23.40
13	1.35	35.02	8	43.58	6.65	26.56
14	1.19	31.68	3	40.25	5.56	42.06
15	0.99	28.49	7	38.74	5.90	41.32
16	2.23	24.61	8	36.36	5.31	23.26
17	1.65	47.94	17	43.75	5.64	25.67
18	0.95	26.75	3	39.56	3.64	22.50
19	1.25	51.50	3	31.19	4.36	31.79
20	1.33	27.00	4	30.12	4.31	28.26
21	0.91	11.00	3	18.05	4.67	20.06
22	0.98	20.65	3	30.99	5.25	23.74
23	0.94	23.94	7	36.12	5.00	31.13
24	1.24	11.00	8	13.90	6.12	21.00
25	1.61	40.74	17	20.98	5.24	21.49
26	1.63	11.78	8	14.95	2.54	18.62
27	2.30	62.36	16	15.05	2.20	34.91
28	1.21	27.89	8	23.04	5.54	22.50
29	2.12	75.75	3	15.30	0.71	45.62
30	1.90	31.60	16	13.83	4.11	22.83
31	1.10	19.14	3	15.11	3.03	24.82
32	1.31	20.64	3	14.72	3.70	29.78
33	2.31	75.68	1	14.91	3.77	29.15
34	2.52	86.86	1	50.79	4.23	29.89
35	1.45	20.27	17	30.05	5.88	32.59

به‌طوری‌که می‌توان انتظار داشت هیبریدهای حاصل از تلاقی گروه اول (G1) با گروه دوم (G2) و سوم (G3) بتوانند از لحاظ صفات مورد بررسی مطلوب‌تر و برتر از ژنوتیپ‌های موجود ظاهر شوند. تغییر صفات کمی و کیفی میوه تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و شرایط محیطی همچون نوع پایه، مدیریت باغ، آبیاری، کوددهی، هرس، زمان برداشت، حضور آفات و بیماری‌ها و نحوه کنترل آن‌ها قرار می‌گیرد. این تغییرات به‌دلیل دارا بودن ارزش غذایی بعضی از ترکیب‌های زیست‌فعال و نقش دفاعی آن‌ها در برابر انواع تنش‌ها با اهمیت هستند.

نتایج این پژوهش نشان داد که در بین ۳۵ ژنوتیپ لیموترش انتخابی از نظر خصوصیات کمی و کیفی میوه، تفاوت‌های قابل توجهی وجود دارد. بالاترین درصد تغییرات مربوط به خصوصیاتی مانند وزن میوه، حجم میوه، چگالی و تعداد بذر میوه بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سه گروه قرار گرفتند. گروه اول با بیشترین

تعداد، بالاترین ارزش میانگین صفات را به خود اختصاص داد. همچنین بر اساس نتایج تجزیه واریانس یک طرفه، سه گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای، از لحاظ کلیه صفات به جز تعداد بذر، چگالی، pH و L (درخشندگی پوست) در بقیه موارد تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. بنابراین، انتظار می‌رود بتوان از لحاظ شاخص‌های کمی و کیفی میوه، تنوع قابل توجهی را بین ژنوتیپ‌های حاضر استنتاج نمود. وجود تنوع در ژرم پلاسم‌های لیموترش مورد مطالعه، می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی و یا معرفی رقم پس از ارزیابی و تعیین تحمل نسبت به بیماری جاروک مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از طرح کلان دانش فنی دست‌یابی به لیموترش متحمل به بیماری جاروک بوده و منابع مالی آن از طرف معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری تأمین شده است. بدین وسیله از مجری طرح و سایر همکاران پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری تقدیر و تشکر می‌شود.

References

Ahankoub, M., Fotouhi Ghazvini, R., and Fattahi Moghadam, J. 2013. Investigation on fruit physical, chemical and bioactive characteristics of several citrus biotypes during growth stages. Ph. D. Thesis. University of Guilan, Iran (in Persian).

Anonymous. 1998. Official Methods of Analysis of AOAC International Gaithersburg, MD: AOAC International.

Anonymous. 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. IBM Crop., Armonk, New York.

Anonymous. 2018. Crop statistics, FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.

Barrect, H. C., and A. M. Rhods. 1976. A numerical toxonomic study of affinity relationship in cultivated Citrus and its closed relatives. Systematic Botany 1: 105-136.

Barros, H. R. D. M., Ferreira, T. A. P. D. C., and Genovese, M. I. 2012. Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. Food Chemistry 134:1892-1898.

Bove, J. M., Danet, J. L., Bananej, K., Hassanzadeh, N., Taghizadeh, M., Salehi, M., and Garnier, M. 2000. Witches broom disease of lime (WBDL) in Iran. Proceedings of the 14th IOCV Conference, pp. 207- 212.

Cabrera, F. R., Valadez, M. P., Diaz Del Leon Sanehez, F., Moter, A.V., and Perez-Flores, L. J. 2010. Acid lime. A review. Global Science Books. pp. 116-122.

Chuku, L. C., Obara, L., and Chinaka, NC. 2012. Comparison of vitamin C content of lemon leaf, bark, root and fruit juice extract. Discovery Life 2(4): 5-7.

Davies F. S., and Albrigo, L. G. 1994. Taxonomy Cultivars and Breeding, In: Davis, F. S., and Albrigo, L. G. (eds) Citrus, Wallingford, CAB International, pp. 12- 23.

Falconer, D. S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. (3rd edition) Longman, New York. 257 pp.

Fattahi Moghadam, J., Hamidoghli, Y., and Fotouhi Ghazvini, R. 2011. Improved antioxidant capacity and quality of fruits of different varieties of citrus. Ph.D. Thesis. University of Guilan, Iran (in Persian).

Feng, G. H., and Yangb, Y. L., 2005. Kinetics of relative electrical conductivity and correlation with gas composition in modified atmosphere packaged bayberries. Food Science and Technology 38(3): 249-254.

Fotouhi Ghazvini, R., and Fattahi Moghadam, J. 2010. Citrus Cultivation in Iran. University of Guilan Press. pp. 247-250 (in Persian).

Ghobadi, N., Rahdari, p., Fatthi Moghadam, J., Seyed Ghasemi, S., and Kiaeshkevarian, M. 2013. Comparing the physicochemical properties and antioxidant capacity fruit of three varieties of limes. 8th Iranian Horticultural Science Congress. pp. 3855-3858 (in Persian).

Golein, B., and Adouli, B. 2011. Citrus (Cultivation), Novin Pooya. 160 pp. (in Persian).

Gorinstein, S., Martin-Belloso, O., Park Y. S., Haruenkit, R., Lojek, A., and Ciz, M. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. Food Chemistry 74: 309-315.

Guimaraes, R., Barros, L., Barreira, J. C. M., Sousa, M. J., Carvalho, A. M., and Ferreira, I. C. F. R. 2010. Tangerin excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: Grapefruit, Lemon, Lime and orange. Food and Chemical Toxicology 48: 99-106.

Hasanzadeh Khankhadani, H., Golmohammadi, M., and Golein, B. 2016. *Citrus latifolia* Tanaka. Technical Publication. Citrus and Subtropical Fruits Research Center Press. 20 pp. (in Persian).

Hui, Y. H., Barta, J. Cano, M. P., Gusek, T. W., Sidhu, J. S., and Sanha, N. K. 2006. Handbook of Fruits and Fruit Processing. Blackwell Publishing Ltd, USA.

Koehler-Santos, P., Dornelles, A. L. C., and de Freitas, L. B. 2003. Characterization of mandarin citrus germplasm from southern Brazil by morphological and molecular analyzes. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 38: 797-806.

Ladaniya, M. 2008. Citrus Fruit Biology, Technology and Evaluation. Academic Press. 558 pp.

Lamsal, B. P., and Jindal, V. k. 2014. Variation in electrical conductivity of selected fruit juices during continuous ohmic. Food Science and Human Nutrition 7(1): 47-56.

Lee, S. K., and Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factor influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology 20: 207-220.

Mahdavian, M., Lessani, H., Ebadi, A., and Fatah, R. 2007. Morphological study of genetic variation among Iranian figs (*Ficus carica* L.) cultivars. Pajouhesh & Sazandegi 80: 144-158 (in Persian).

Mortazavi, a., and Ziaalhagh, H. R. 2004. Citrus- Products Processing Technology. Ferdowsi University of Mashhad Press. 331 pp. (in Persian).

Mouhan Jain, S., and Priyadarshan, P. M. 2009. Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species. Springer Science. 290 pp.

Naroui Rad, M. R., Aghaei, M. J., Fanaei, H. R., and Mohammad Ghasemi, **M. 2008.** The study of genetic variation of some morphologic and phenological characters in lentil germplasms of warm and dry regions. Pajouhesh & Sazandegi 78: 173-181 (in Persian).

Njoku, P. C., Ayuk, A. A., and Okoye, C. V. 2011. Temperature effects on vitamin C content in citrus fruits. Pakistan Journal of Nutrition 10 (12): 1168-1169.

Pan, H. H., and Shu, Z. 2007. Temperature affects color and quality characteristics of ‘Pink’ wax apple fruit discs. Scientia Horticulturae 112: 290-296.

Penniston, M. D., Stephen, Y., Nakada, m. d., Ross, P., Holmes, Ph. D., Dean, G., and Assimos, M. D. 2008. Quantitive assessment of citric acid in Lemon juice, Lime

juice and commercially available fruit juice products. Journal of Endourology 22(3): 567- 570.

Perez-Perez, J. G., Porras Castillo, I., Garcia-Lidon, A., Botia, P., and Garcia-Sanchez, F. 2005. Fino lemon clones compared with the lemon varieties Eureka and Lisbon on two rootstocks in Murcia (Spain). Scientia Horticulturae 106 (4): 530-538.

Pinhas, S., and Elizer, E. 1996. Biology of Citrus. Cambridge University Press. 230 pp.

Rekha, C., Poornima, G., Manasa, M., Abhipsa, V., Pavithra Devi, J., Vijay Kumar, H. J., and Prashith Kekuda, T. R. 2012. Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe Citrus Fruits. Chemical Science Transactions 1(2): 303-310.

Razavi, S., and Akbari, R. 2012. Biophysical properties of agricultural products and foodstuffs. Ferdowsi University of Mashhad. pp. 21-14 (in Persian).

Roux, S. L., and Barry, G. H. 2006. Preharvest manipulation of rind pigments of *Citrus* spp. Department of Horticultural Science. M. Sc. Thesis in Agriculture. University of Stellenbosch. 202 pp.

Ritenour, M. A., Wardowski, W. F., and Tucker, D. P. 2003. Effects of Water and Nutrients on the Postharvest Quality and Shelf Life of Citrus. Florida Cooperative Extension Service. USA. pp 1-3.

Sadler, G. D., and Murphy, P. A. 2010. pH and titratable acidity. In: Nielsen, S. S. (ed). Food Analysis 221-233.

Seyed Ghasemi, S., Babakhani, B., and Fattahi Moghadam, J. 2013. Study on bioactive compounds and antioxidant capacity of different Lime varieties during ripening. Ph.D. Thesis. Azad University, Tonekabon Branch, Iran. 131 pp. (in Persian).

Sherestha, R. L., Dhakal, D. D., Gautum, D. M., Paudya, K. P., and Sherestha, S. 2012. Variation of physiochemical components of acid Lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) fruits at different sides of the tree in Nepal. American Journal of Plant Sciences 3: 1688-1692.

Ward, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58 (12): 236-244.

Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., and Shi, J. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. Food Chemistry 106: 545-551.